

This Page Is Inserted by IFW Operations  
and is not a part of the Official Record

## BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

As rescanning documents *will not* correct images,  
please do not report the images to the  
Image Problem Mailbox.

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 04-337707

(43)Date of publication of application : 25.11.1992

(51)Int.Cl.

G02F 1/03  
G02B 6/12  
G02F 1/225

(21)Application number : 03-109505

(71)Applicant : FUJITSU LTD

(22)Date of filing : 15.05.1991

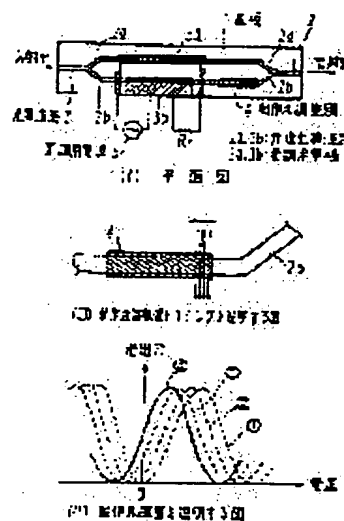
(72)Inventor : MEKATA NAOYUKI  
KIYONO MINORU  
KUBOTA YOSHINOBU

## (54) OPERATION POINT CONTROL METHOD FOR OPTICAL MODULATOR

## (57)Abstract:

PURPOSE: To obtain the highly stable optical modulator by controlling a shift in the operation point of a fast-driven Mach-Zehnder optical modulator formed on a substrate having electrooptic effect.

CONSTITUTION: An optical waveguide 2 which has branch optical waveguides 2a and 2b is formed on the substrate 1 having electrooptic effect and electrodes 3a and 3b for modulation are disposed on the branch optical waveguides 2a and 2b to form the optical modulator. An operation point adjusting film 4 is provided on at least one of the branch optical waveguides 2a and 2b to constitute the operation point control method for the optical modulator by trimming the operation point adjusting film 4 and varying its length, or supply a DC current independent of an electric signal to one of the electrodes 3a and 3b for modulation i.e., 3a for sending the electric signal and raising the temperature of the branch optical waveguide 2a.





(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平4-337707

(43) 公開日 平成4年(1992)11月25日

(51) Int.Cl. <sup>5</sup>	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
G 0 2 F 1/03	5 0 2	8106-2K		
G 0 2 B 6/12	J	7036-2K		
G 0 2 F 1/225		8106-2K		

審査請求 未請求 請求項の数 2 (全 5 頁)

(21) 出願番号 特願平3-109505  
(22) 出願日 平成3年(1991)5月15日

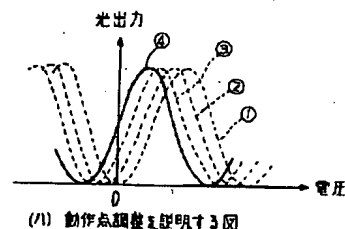
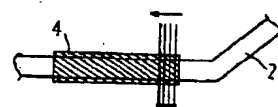
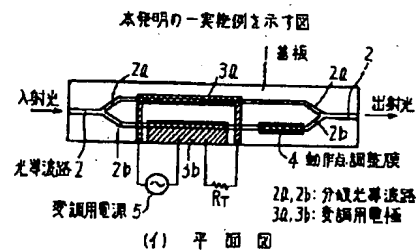
(71) 出願人 000005223  
富士通株式会社  
神奈川県川崎市中原区上小田中1015番地  
(72) 発明者 女鹿田 直之  
神奈川県川崎市中原区上小田中1015番地  
富士通株式会社内  
(72) 発明者 清野 實  
神奈川県川崎市中原区上小田中1015番地  
富士通株式会社内  
(72) 発明者 久保田 嘉伸  
神奈川県川崎市中原区上小田中1015番地  
富士通株式会社内  
(74) 代理人 弁理士 井桁 貞一

(54) 【発明の名称】 光変調器の動作点制御方法

(57) 【要約】

【目的】 光変調器の動作点制御方法に関し、とくに、電気光学効果を有する基板上に形成される高速駆動のマッハツエンダ型光変調器の動作点の変動を制御して高安定の光変調器を実現することを目的とする。

【構成】 電気光学効果を有する基板1上に分岐光導波路2a、2bを有する光導波路2を形成し、前記分岐光導波路2a、2bに変調用電極3a、3bを配設してなる光変調器において、前記分岐光導波路2a、2bの少なくとも一方の上に動作点調整膜4を設け、該動作点調整膜4をトリミングしてその長さを変えたり、あるいは、前記変調用電極3a、3bのうちの一方の電気信号を送信する変調用電極3aに電気信号と独立した直流電流を流し、前記一方の分岐光導波路2aの温度を上昇させることによって光変調器の動作点制御方法を構成する。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 電気光学効果を有する基板(1)上に分岐光導波路(2a, 2b)を有する光導波路(2)を形成し、前記分岐光導波路(2a, 2b)に変調用電極(3a, 3b)を配設してなる光変調器において、前記分岐光導波路(2a, 2b)の少なくとも一方の上に動作点調整膜(4)を設け、該動作点調整膜(4)をトリミングしてその長さを変えることを特徴とした光変調器の動作点制御方法。

【請求項2】 前記変調用電極(3a, 3b)のうちの一方の電気信号を送信する変調用電極(3a)に電気信号と独立した直流電流を流し、前記一方の分岐光導波路(2a)の温度を上昇させることを特徴とした光変調器の動作点制御方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は光変調器の動作点制御方法に関する。詳しくは、電気光学効果を有する基板上に形成される高速駆動のマッハツェンダ型光変調器の動作点の制御方法の改良に関する。

## 【0002】

【従来の技術】 近年、光ファイバやレーザ光源の進歩・発達に伴い、光通信をはじめ光技術を応用した各種のシステム、デバイスが実用化され広く利用されるようになる一方、ますます、その高度技術開発への要請が強まってきた。

【0003】 とくに、最近の光通信システムの高速度の要求から、光信号を送信する光送信器においても、高速で光を変調する必要が生じてきた。たとえば、1.6 Gbps程度までの低速光通信システムにおいては、レーザダイオード(LD)を直接変調する方式を用いていたが、変調周波数がより高くなると、変調光波長の時間的微小変動、いわゆる、チャージング現象のために高速化と長距離通信への限界となる。一方、今後ますます大容量・長距離通信の要求が強まってくるので、より高速で高安定な光変調方式の開発が求められている。

【0004】 高速光変調方式としては、半導体レーザ光を外部で変調する外部変調方式がよく知られている。とくに、電気光学効果を有する基板上に分岐光導波路を設け、信号電極、たとえば、進行波信号電極を用いて駆動するマッハツェンダ型外部変調器が有力視されている。

【0005】 図3は従来の光変調器の構成と動作点制御の例を示す図で、最も基本的な構成を示したものである。同図(イ)は平面図(基板上の電極、導波路配置)、同図(ロ)は同図(イ)のA-A'断面図、同図(ハ)は直流電圧による動作点制御を説明したものである。

【0006】 図中、1は電気光学効果を有する基板、2は光導波路で光入射端と光出射端との間に分岐光導波路2aおよび2bが形成されている。この光導波路は通常基板

の表面にTiなどの金属を光導波路部分だけに選択的に拡散させ、その部分の屈折率を回りの部分よりも少し小さくなるようにしてある。

【0007】 3a, 3bは変調用電極、たとえば、進行波信号電極と接地電極、9は光導波路上の金属電極層への光の吸収を小さくするためのバッファ層で、通常、SiO<sub>2</sub>などの薄膜が用いられている。

【0008】 変調用電極3a, 3bはバッファ層10を介して光導波路上に、Auなどの金属を蒸着あるいはめっきによって形成している。5は変調用電源、7はDCバイアスを与える直流電源である。

【0009】 いま、半導体レーザ101からの直流光が左側の光入射端から光導波路2に入り、分岐光導波路2a, 2bの分岐点で2つに分けられ、分岐光導波路2a, 2bを通過する間に、変調用電極3a, 3bに変調用電源5から変調信号電圧を印加すると、基板上に設けられた前記分岐光導波路2a, 2bにおける電気光学効果によって分岐された両光に位相差が生じる。この両光を再び合波点で合流させて、右側の光導波路2の光出射端から変調された光信号出力を取り出し、光検知器102で受光して電気信号に変換するように構成されている。

【0010】 前記分岐光導波路2a, 2bにおける両光の位相差が0および $\pi$ になるように駆動電圧を印加すれば光信号出力はON-OFFのパルス信号として得られる。なお、R<sub>T</sub>は終端抵抗である。

【0011】 しかし、実際上は製造バラツキやその他の種々の原因によって、変調器動作点が設計値からずれ、かつ、そのずれの大きさは各素子で異なるのが一般的である。そこで、通常は同図(ハ)に示したように破線①のごとく動作点からずれた変調特性カーブを、実線②の正規の変調特性カーブへ移動させるために、直流電源7を用いて変調電気信号に直流電圧(V<sub>b</sub>)を重ねさせて動作点の調整制御を行っている。

## 【0012】

【発明が解決しようとする課題】 しかし、上記従来の動作点の調整制御方法では動作点が余りに大きくずれていると、重ねさせる直流電圧が高くなり過ぎて所定の上限を越える可能性があり問題となっている。

【0013】 さらに、電気光学効果を有する基板、たとえば、LiNbO<sub>3</sub>を基板とした場合に、光変調器にDCバイアスがかけられていると、次第に動作点がシフトして行き消光比が劣化する現象、いわゆる、DCドリフトが生じることが報告されている(たとえば、Jap. J. Appl. Phys., Vol. 20, No. 4, pp733 ~ 737, 1981参照)。

【0014】 したがって、上記のごとく直流(DC)電圧V<sub>b</sub>を印加して動作点を調整制御しようとする、そのためにDCドリフトが生じて動作点の制御ができなくなるなどといった重大な問題があり、その解決が求められていた。

## 【0015】

【課題を解決するための手段】上記の課題は、電気光学効果を有する基板1上に分岐光導波路2a、2bを有する光導波路2を形成し、前記分岐光導波路2a、2bに変調用電極3a、3bを配設してなる光変調器において、前記分岐光導波路2a、2bの少なくとも一方の上に動作点調整膜4を設け、該動作点調整膜4をトリミングしてその長さを変えるようにした光変調器の動作点制御方法、あるいは、前記変調用電極3a、3bのうちの一方の電気信号を送信する変調用電極3aに電気信号と独立した直流電流を流し、前記一方の分岐光導波路2aの温度を上昇させるようにした光変調器の動作点制御方法によって解決することができる。

【0016】

【作用】本発明方法によれば、直流電圧の印加は一切行わずに、分岐光導波路2a、2bのうちの一方に歪み、または、温度変化を与えることによって屈折率の変化を生じさせて動作点の調整制御を行うので、面倒な直流電圧の印加が不要であるばかりでなく重大な障害となるDCドリフトも起こらず、光変調器の動作点の安定した調整制御が可能となるのである。

【0017】

【実施例】図1は本発明の一実施例を示す図である。同図(イ)は平面図、同図(ロ)は動作点調整膜トリミングを説明する図、同図(ハ)は動作点調整を説明する図である。

【0018】図中、4は動作点調整膜である。なお、前記の図面で説明したものと同等の部分については同一符号を付し、かつ、同等部分についての説明は省略する。基板1には大きさ60mm×2mm、厚さ1mmのLiNbO<sub>3</sub>のZ板の表面を鏡面研磨して使用した。この基板の上にTiを約100nmの厚さに真空蒸着し、分岐光導波路2aおよび2bを含む光導波路2に相当する部分にTiが残るように通常のホトエッチング法で処理したのち、約1050°C、酸素中で10時間加熱しTiをLiNbO<sub>3</sub>中に熱拡散させて深さ約5μmの光導波路2を形成した。

【0019】分岐光導波路部分の長さは50mm、光導波路の幅は7μmになるように調整した。分岐光導波路2aおよび2bの間隔は約15μmとし、分岐部の角度は1°に形成した。

【0020】次いで、パツファ層としてSiO<sub>2</sub>を500nmの厚さにスパッタ法で形成した。変調用電極3a、3bはTi-Au合金膜を蒸着したのち、分岐光導波路2a、2bの上に20mmの長さにならって重なるように、図示したとき所定の電極形状にパターンエッチングし、さらに、その上に厚さ8μmのAuをめっきにより付着形成した。終端抵抗R<sub>T</sub>は変調用電極3a、3bの特性インピーダンスに合わせて50Ωになるように調整した。

【0021】なお、変調用電極は一方を進行波信号電極、もう一方を接地電極とした。動作点調整膜4としては、一方の分岐光導波路、たとえば、分岐光導波路2b

の上に、長さ10mm、巾10μmで8μm強の厚さになるように金属膜、たとえば、蒸着Ti-Au合金膜にAuめっき膜を積層形成した。この金属膜は実際上は変調用電極3a、3bと同時に形成すればよい。

【0022】光導波路の上に厚い金属膜などが形成されると、光導波路のLiNbO<sub>3</sub>が局部的に歪みが与えられ屈折率が大きく変化することが知られており、その厚さや光導波路をカバーする長さによって歪み量、すなわち、屈折率変化が異なってくる。

【0023】そこで、同図(ロ)に示したごとく、動作点調整膜4を一方の端から長さが変化するようにトリミング、たとえば、YAGレーザを用いて加熱蒸散させれば、両分岐光導波路間の位相差が変化して変調特性カーブが移動する。

【0024】この結果、同図(ハ)に示したごとく縦軸に光出力、横軸に変調電圧をとって変調特性カーブを描くと、作製されたばかりの素子の変調特性が破線の①カーブであったものが、同図(ロ)の動作点調整膜4の右端からレーザトリミングするに従って、破線の②へとシフトし、さらに、トリミングを進めると破線の③へ、そして、最終的に実線の④のカーブ、すなわち、所定の正規動作点カーブへと調整制御することができる。

【0025】なお、この動作点の調整作業は変調特性をチェックしながらトリミングすればよく、これによって自動調整制御を行うのは極めて容易である。また、動作点調整膜4としては上記実施例の蒸着Ti-Au合金膜にAuめっき膜を積層した膜以外の他の歪み効果を与える金属、あるいは、非金属材料膜を用いてもよいことは言うまでもない。

【0026】図2は本発明の他の実施例を示す図で、同図(イ)は平面図、同図(ロ)は動作点制御を説明する図である。図中、6は加熱用電源である。なお、前記の図面で説明したものと同等の部分については同一符号を付し、かつ、同等部分についての説明は省略する。

【0027】本実施例では、同図(イ)に示したように変調用電極のうちの一方の電気信号を送信する変調用電極3aに電気信号と独立した直流電流を流すように加熱用電源6を接続している。図のC<sub>1</sub>、C<sub>2</sub>はDCカット用のコンデンサであり、L<sub>1</sub>、L<sub>2</sub>は高周波電流を阻止するチョークコイルである。

【0028】変調用電極3aには若干の抵抗rが存在するので、加熱用電源6からある直流電圧を印加すると抵抗rに応じた電流Iが流れ、I<sup>2</sup>rに比例して発熱し分岐光導波路2aの温度が上昇する。

【0029】したがって、その部分のLiNbO<sub>3</sub>の屈折率が変化して両分岐光導波路間の位相差が変化し、すなわち、変調特性カーブが移動する。いま、たとえば、同図(ロ)で実線②に示したごとく、電圧が $-\sqrt{\pi}/2$ 、 $+\sqrt{\pi}/2$ との間で光のスイッチングを行わせるように設計してある光変調器で、初期変調特性カーブが破線①とずれ

ていたものを実線②の所定の正規動作点カーブへとシフトするように高周波の変調用信号電圧に直流電流  $i$  を重畳すれば、同様に直流電圧を印加することなく本発明の動作点の調整制御を行うことができる。

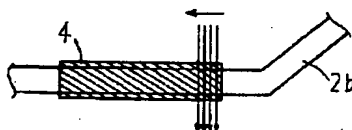
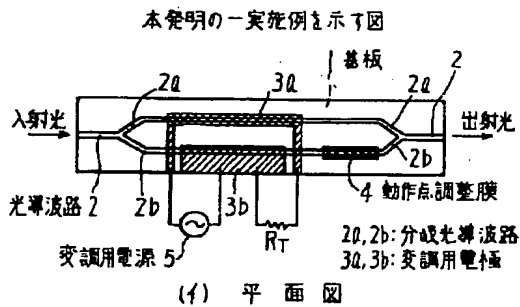
【0030】なお、変調用電極 2 a の両端には直流電流  $i$  を流すことにより  $v = i r$  の電圧降下が生じるが、この直流電圧はDCドリフト効果により動作点の制御効果には影響がなくなり、最終的には直流電流  $i$  による動作点シフトだけが有効に働くようになることは説明するまでもない。

【0031】以上述べた実施例は例を示したもので、本発明の趣旨に添うものである限り、使用する素材や構成など適宜好ましいもの、あるいはその組み合わせを用いてもよいことは勿論である。

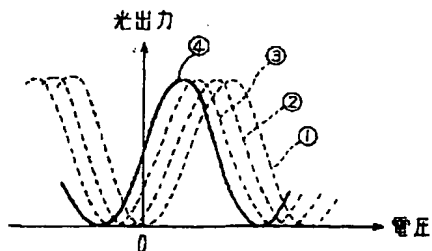
【0032】

【発明の効果】以上説明したように、本発明によれば直流電圧の印加を一切行わずに、分岐光導波路 2 a, 2 b のうち的一方に歪み、または、温度変化を与えることによって屈折率の変化を生じさせて動作点の調整制御を行

【図1】



(g) 動作点調整膜トリミングを説明する図



(h) 動作点調整を説明する図

うので、面倒な直流電圧の印加が不要であるばかりでなく重大な障害となるDCドリフトも起こらず、光変調器の動作安定性と信頼性の向上に寄与するところが極めて大きい。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の一実施例を示す図である。

【図2】本発明の他の実施例を示す図である。

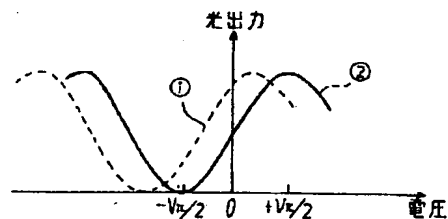
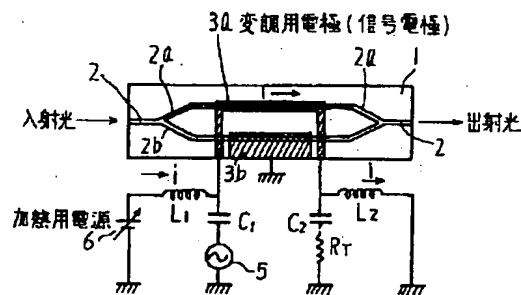
【図3】従来の光変調器の構成と動作点制御の例を示す図である。

10 【符号の説明】

- 1は基板、
- 2は光導波路、
- 2 a, 2 bは分岐光導波路、
- 3 (3 a, 3 b)は変調用電極、
- 4は動作点調整膜、
- 5は変調用電源、
- 6は加熱用電源、
- 7は直流電源、

【図2】

本発明の他の実施例を示す図

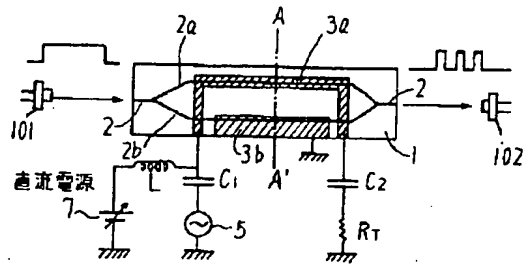


(g) 動作点制御を説明する図

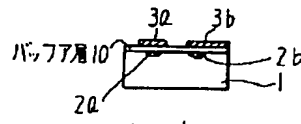


【図3】

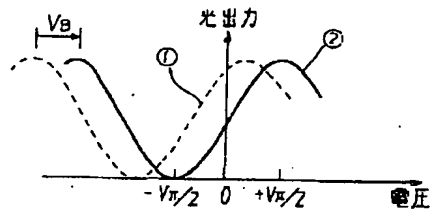
従来の光変調器の構成と動作点制御の例を示す図



(i) 平面図



(ii) A-A'断面図



(iii) 直流電圧による動作点制御

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**